

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :

2 960 041

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national :

10 53658

⑤1 Int Cl⁸ : F 17 C 5/00 (2006.01), F 17 C 13/00, B 60 K 15/00,
B 60 S 5/02

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 11.05.10.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 18.11.11 Bulletin 11/46.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCE-
DES GEORGES CLAUDE Société anonyme — FR.

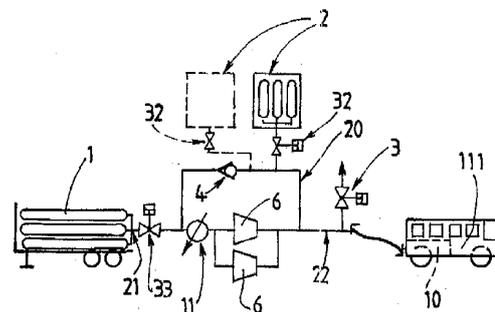
⑦2 Inventeur(s) : VINARD THOMAS et BRIFFAUD
GUILLAUME.

⑦3 Titulaire(s) : L'AIR LIQUIDE SOCIETE ANONYME
POUR L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCE-
DES GEORGES CLAUDE Société anonyme.

⑦4 Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE.

⑤4 DISPOSITIF ET PROCEDE DE REMPLISSAGE D'UN GAZ SOUS PRESSION DANS UN RESERVOIR.

⑤7 Dispositif de remplissage d'un gaz sous pression dans
un réservoir (10), notamment de l'hydrogène dans le résér-
voir (10) d'un véhicule (111), comprenant au moins une pre-
mière source (1) de gaz, un circuit (20, 21, 22) destiné à
relier sélectivement la première source (1) audit réservoir
(10) pour transférer du gaz depuis la première source (1)
vers le réservoir (10), le dispositif comprenant en outre au
moins un compresseur (6) disposé dans le circuit (20, 21,
22) pour compresser sélectivement au moins une partie du
gaz provenant notamment de la première source (1) avant
son transfert vers le réservoir (10), caractérisé en ce que le
circuit (20, 21, 22) comprend, en amont du au moins un
compresseur (6), un organe (11) de refroidissement sélectif
du gaz destiné à être compressé.



FR 2 960 041 - A1



La présente invention concerne un dispositif et un procédé de remplissage d'un gaz sous pression dans un réservoir.

L'invention concerne plus particulièrement un dispositif de remplissage d'un gaz sous pression dans un réservoir, notamment de l'hydrogène dans le réservoir d'un véhicule, comprenant au moins une première source de gaz, un circuit destiné à relier sélectivement la première source audit réservoir pour transférer du gaz depuis la première source vers le réservoir, le dispositif comprenant en outre au moins un compresseur disposé dans le circuit pour compresser sélectivement au moins une partie du gaz provenant notamment de la première source avant son transfert vers le réservoir.

L'invention concerne notamment une station de remplissage de gaz comprimé, notamment de l'hydrogène pour des réservoirs de véhicules.

Les performances et le coût des stations de remplissages de réservoirs avec de l'hydrogène à haute pression sont fortement dépendants de la taille du ou des compresseurs qui la composent.

Une station de remplissage à hydrogène comprend généralement :

- au moins une première source d'hydrogène à une pression comprise entre la pression atmosphérique et une pression moyenne (par exemple environ 200 bar). Cette première source comprend, par exemple, au moins l'un parmi : un ou des réservoirs (« tube trailer »), un ou des cadres, une ou des bouteilles, un ou des électrolyseurs, un reformeur méthane, un pipeline...

- un ou plusieurs récipients tampon (appelé(s) également « buffer(s) ») pour stocker le gaz à haute pression,

- un ou des compresseurs,

- au moins une borne de remplissage connectable au réservoir du véhicule (appelée « Dispenser » en anglais).

Un cycle de fonctionnement possible d'un tel dispositif peut être le suivant :

1) Dans un premier temps, un équilibrage de pression est réalisé entre la source d'hydrogène et le véhicule.

2) Des équilibrages de pression sont ensuite réalisés successivement entre les récipients tampon à haute pression (typiquement à des pressions comprises entre 450 bar et 850 bar) et le réservoir du véhicule.

Si à la suite des différentes phases d'équilibrage de pression le réservoir du véhicule n'est entièrement rempli, alors, le remplissage du réservoir peut être complété par une compression directe du gaz provenant de la source et/ou d'un récipient tampon (phase dite de « Top-Off »)

3) Les récipients tampon vidés sont ensuite re-pressurisés avec le compresseur à partir de la source d'hydrogène.

La capacité du compresseur conditionne le temps de remplissage d'un véhicule et également le temps nécessaire à de re-pressurisation du ou des récipients tampon.

5 Du fait que l'hydrogène a une très faible densité, la pression de stockage de ce gaz doit être très élevée afin d'obtenir une densité de stockage importante permettant d'éviter d'avoir recours à des volumes de récipients trop importants. Le coût de compression est donc un facteur important dans ce type de station.

10 Pour répondre à ces contraintes, il est connu de recourir à des compresseurs très performants. Une technologie existante adaptée à ces niveaux de pressions est la technologie de compressions volumétriques. Selon cette technologie, un certain volume de gaz est aspiré dans une chambre de compression, ce volume monte en pression sous l'action mécanique d'un piston ou d'une membrane et est refoulé à la pression de la charge en aval du compresseur.

15 Le débit massique du gaz est égal à la cylindrée du compresseur multipliée par la densité du gaz en entrée et par le rendement volumétrique du compresseur. L'hydrogène ayant une densité très faible, le débit massique est donc également faible.

20 Le travail de compression (c'est-à-dire l'énergie nécessaire pour amener une certaine quantité de gaz d'une pression basse P_1 à une pression haute P_2) est uniquement fonction des pressions et des volumes aux bornes du compresseur (entrée/sortie).

Un but de la présente invention est de pallier tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur relevés ci-dessus.

25 En particulier, l'invention se propose d'augmenter les performances du dispositif.

A cette fin, le dispositif selon l'invention, par ailleurs conforme à la définition générique qu'en donne le préambule ci-dessus, est essentiellement caractérisé en ce que le circuit comprend, en amont du au moins un compresseur, un organe de refroidissement sélectif du gaz destiné à être compressé.

30 L'invention se propose ainsi d'augmenter la densité du gaz destiné à être comprimé en diminuant sa température. Ainsi, en augmentant la densité du gaz en entrée du compresseur, l'énergie nécessaire pour comprimer une masse donnée d'hydrogène peut être diminuée.

Ceci contribue à améliorer :

35 - le procédé de remplissage dans son ensemble (la durée de remplissage du réservoir de véhicule est réduite, les durées de re-pressurisation des récipients tampon sont réduites),

- le coût d'investissement pour une même spécification d'installation (la taille du compresseur nécessaire peut être plus réduite),
- le coût d'exploitation du ou des compresseurs.

Par ailleurs, des modes de réalisation de l'invention peuvent comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- 5 - l'organe de refroidissement sélectif du gaz destiné à être compressé comprend au moins un échangeur de chaleur,
- l'organe de refroidissement sélectif du gaz destiné à être compressé comprend au moins un échangeur de chaleur assurant un échange de chaleur direct et/ou indirect entre le gaz destiné à être compressé et un fluide de refroidissement,
- 10 - le fluide de refroidissement comprend de l'azote liquide,
- le circuit comprend, en aval du au moins un compresseur, un organe de refroidissement sélectif du gaz compressé,
- 15 - l'organe de refroidissement sélectif du gaz compressé comprend au moins un échangeur de chaleur,
- l'organe de refroidissement sélectif du gaz compressé comprend au moins un échangeur de chaleur assurant un échange de chaleur direct et/ou indirect entre le gaz compressé et un fluide de refroidissement,
- 20 - le dispositif comporte un circuit de fluide de refroidissement alimentant sélectivement à la fois l'organe de refroidissement sélectif du gaz destiné à être compressé et l'organe de refroidissement sélectif du gaz compressé,
- le circuit de fluide de refroidissement alimente en fluide de refroidissement l'organe de refroidissement du gaz destiné à être compressé avec du fluide ayant déjà alimenté l'organe de refroidissement sélectif du gaz compressé,
- 25 - le dispositif comporte au moins un récipient tampon sélectivement relié au compresseur et au réservoir pour d'une part être alimenté en gaz comprimé et, d'autre part, pour alimenter en gaz comprimé le réservoir, le circuit comportant des éléments de contrôle pour délivrer sélectivement au réservoir du gaz comprimé
- 30 provenant directement du compresseur et/ou provenant du au moins un récipient tampon,
- le ou les échangeurs comportent un accumulateur de frigories tel qu'un bloc de matière par exemple un bloc d'aluminium et/ou une réserve de fluide froid tel que de l'eau glycolée,
- 35 - le compresseur est du type pneumatique.

L'invention concerne également un procédé de remplissage d'un gaz sous pression dans un réservoir, notamment de l'hydrogène dans le réservoir d'un véhicule, comprenant une étape de compression d'un gaz provenant d'une

première source de gaz pour remplir le réservoir directement ou via au moins un récipient tampon, le procédé comportant une étape de refroidissement du gaz avant compression.

5 Par ailleurs, des modes de réalisation de l'invention peuvent comporter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- le gaz à comprimer est refroidi à une température comprise entre 10°C et -120°C et de préférence entre 0°C et -100°C et, encore plus préférentiellement, entre -50°C et -90°C,

10 - l'étape de refroidissement du gaz avant compression est réalisée via au moins un échangeur de chaleur assurant un échange de chaleur direct et/ou indirect entre le gaz à comprimer et une source froide,

- la source froide comprend de l'azote liquide,

15 - l'étape de refroidissement du gaz avant compression est réalisée par échange thermique direct et/ou indirect entre le gaz à comprimer et un fluide de refroidissement ayant déjà échangé thermiquement avec le gaz comprimé,

- l'étape de compression est réalisée via au moins un compresseur à piston et/ou à membrane de type volumétrique.

L'invention peut concerner également tout dispositif ou procédé alternatif comprenant toute combinaison des caractéristiques ci-dessus ou ci-dessous.

20 D'autres particularités et avantages apparaîtront à la lecture de la description ci-après, faite en référence aux figures dans lesquelles :

- la figure 1 représente une vue schématique et partielle illustrant la structure et le fonctionnement d'un premier exemple de réalisation possible d'un dispositif selon l'invention,

25 - la figure 2 représente une vue schématique et partielle illustrant la structure et le fonctionnement d'un deuxième exemple de réalisation possible d'un dispositif selon l'invention.

30 En se référant à la figure 1, le dispositif formant une station de remplissage comprend au moins une première source 1 de gaz, par exemple un réservoir de gaz sous pression (par exemple de l'ordre de 200 bar). Bien entendu cette source 1 peut comprendre tout autre type de stockage ou de production d'hydrogène comme décrit ci-dessus.

35 La source 1 est connectable sélectivement au réservoir 10 d'un véhicule via un circuit comprenant des conduites 21, 22 comprenant, par exemple, une ou des vannes 21, au moins un compresseur 6 et un extrémité connectable au réservoir 10 à remplir.

Dans l'exemple nullement limitatif représenté, le dispositif comprend deux compresseurs 6 en parallèle. Bien entendu un seul compresseur pourrait être

prévu. Une soupape 3 de décharge de sécurité peut également être prévue dans le circuit. Le dispositif comprend également deux récipients tampon 2 destiné à stocker du gaz à haute pression (par exemple entre 450 et 850 bar). Les récipients 2 tampon sont raccordés en parallèle par des vannes 32 respectives sur la conduite 22 destinée à être reliée au réservoir 10 à remplir. Les récipients 2 tampon sont reliés via une conduite 20 qui se raccorde à la sortie des compresseurs 6 (en aval) pour permettre le remplissage desdits récipients 2 par les compresseurs 6.

Un clapet anti-retour 4 peut être prévu sur une conduite reliant directement la source 1 aux récipients 2 tampon (directement, c'est-à-dire sans passer par les compresseurs 6). Le clapet 4 anti-retour permet le transit de gaz de la source 1 directement vers les récipients 2 tampon et vers le réservoir 10 à remplir mais empêche le retour de gaz vers la source 1.

Selon une particularité de l'invention, un organe de refroidissement tel qu'un échangeur 11 est disposé à l'entrée des compresseurs 6, pour refroidir le gaz à comprimer avant son entrée dans les compresseurs 6.

Ce pré-refroidissement du gaz en entrée de compresseurs 6 permet de densifier le gaz et de limiter l'échauffement dû à la compression au sein des compresseurs 6.

Cette augmentation de densité en amont des compresseurs 6 permet d'augmenter le débit de gaz produit. Ceci améliore les performances du procédé. En effet, la durée de remplissage du réservoir 10 du véhicule 111 et la durée du re-remplissage du ou des récipients tampon 2 peuvent être ainsi être réduites.

Ce prérefroidissement permet également de diminuer la consommation énergétique de la compression par le ou les compresseurs 6.

De plus, l'admission d'un gaz relativement froid à l'aspiration des compresseurs 6 permet également de limiter l'échauffement dû à la compression isentropique du gaz. Ceci permet de limiter la puissance électrique consommée par une boucle de refroidissement des compresseurs 6.

En refroidissant la température du gaz à -50°C à l'entrée des compresseurs 6, on peut ainsi augmenter le débit massique du dispositif d'environ 20% à consommation électrique égale.

Une intégration thermique appropriée permet d'atteindre une température minimale de service à l'aspiration du compresseur de -100°C . Dans ce cas le gain sur le débit massique est d'environ 60% à consommation électrique égale.

Le gain d'efficacité énergétique de la compression est sensiblement proportionnel au ratio des densités obtenues respectivement à la température ambiante et à la température minimale de service obtenue.

Le refroidissement du gaz destiné à être comprimé peut par exemple être réalisé au moyen d'un échangeur 11 assurant un échange thermique sélectif direct ou indirect entre le gaz à refroidir et un fluide de refroidissement, par exemple de l'azote liquide.

5 De même, cet échangeur 11 de refroidissement peut comporter un accumulateur de frigories tel qu'un bloc de matière (par exemple de l'aluminium) et/ou une réserve de fluide froid tel que de l'eau glycolée.

Bien entendu, tout autre mode de refroidissement approprié peut être envisagé en amont du ou des compresseurs 6.

10 Le mode de réalisation de la figure 2 se distingue de celui de la figure 1 uniquement en ce que le dispositif comprend en outre un organe 12 de refroidissement du gaz comprimé, pour remplir le réservoir 10 avec une température de gaz contrôlée. Les mêmes éléments sont désignés par les mêmes références numériques et ne sont pas décrits une seconde fois.

15 L'organe 12 de refroidissement du gaz comprimé comprend, par exemple, un échangeur de chaleur assurant sélectivement un échange de chaleur direct ou indirect entre le gaz comprimé et un fluide froid F. Par exemple, le fluide F de refroidissement comprend de l'azote liquide.

20 Comme représenté, de avantageuse mais non nécessaire, le même fluide F de refroidissement peut être utilisé à la fois pour refroidir le gaz avant son entrée dans les compresseurs 6 et pour refroidir le gaz en sortie de compresseurs 6.

De même, comme représenté, le gaz destiné à être refroidi avant son entrée dans les compresseurs 6 peut être refroidi par du fluide de refroidissement ayant déjà servi à refroidir le gaz comprimé en sortie de compresseurs 6.

25 Dans ce cas, les frigories utilisées proviennent d'une récupération énergétique.

On comprend donc que l'invention permet d'améliorer l'efficacité des stations de remplissages, notamment d'hydrogène.

30 L'invention permet, à performances égales une diminution des coûts d'investissement. En effet, le coût d'un échangeur 11 de pré-refroidissement utilisé est bien inférieur à l'achat d'un compresseur de capacité plus élevée. De plus, l'invention permet de limiter l'encombrement du dispositif en adoptant un compresseur des organes plus compacts. Ceci permet une meilleure intégration et mobilité de la station de remplissage obtenue.

35 L'invention permet également de s'affranchir d'un compresseur d'air pneumatique additionnel pour augmenter les performances du compresseur principal. En effet, une énergie équivalente à une compression de 10 bar peut être obtenue par ce refroidissement préalable en amont du compresseur 6.

L'invention permet également de diminuer les coûts d'exploitation du dispositif car le coût de maintenance d'un échangeur 11 est bien plus faible que celui du surcoût de maintenance d'un compresseur de taille plus élevée (ou d'un compresseur additionnel).

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de remplissage d'un gaz sous pression dans un réservoir (10), notamment de l'hydrogène dans le réservoir (10) d'un véhicule (111), comprenant au moins une première source (1) de gaz, un circuit (20, 21, 22) destiné à relier sélectivement la première source (1) audit réservoir (10) pour transférer du gaz depuis la première source (1) vers le réservoir (10), le dispositif comprenant en outre au moins un compresseur (6) disposé dans le circuit (20, 21, 22) pour compresser sélectivement au moins une partie du gaz provenant notamment de la première source (1) avant son transfert vers le réservoir (10), caractérisé en ce que le circuit (20, 21, 22) comprend, en amont du au moins un compresseur (6), un organe (11) de refroidissement sélectif du gaz destiné à être compressé.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'organe (11) de refroidissement sélectif du gaz destiné à être compressé comprend au moins un échangeur de chaleur.

3. Dispositif selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que l'organe (11) de refroidissement sélectif du gaz destiné à être compressé comprend au moins un échangeur de chaleur assurant un échange de chaleur direct et/ou indirect entre le gaz destiné à être compressé et un fluide de refroidissement.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que le fluide de refroidissement comprend de l'azote liquide.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le circuit (20, 21, 22) comprend, en aval du au moins un compresseur (6), un organe (12) de refroidissement sélectif du gaz compressé.

6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que l'organe (12) de refroidissement sélectif du gaz compressé comprend au moins un échangeur de chaleur.

7. Dispositif selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que l'organe (12) de refroidissement sélectif du gaz compressé comprend au moins un échangeur de chaleur assurant un échange de chaleur direct et/ou indirect entre le gaz compressé et un fluide (F) de refroidissement.

8. Dispositif selon la revendication 7 prise en combinaison avec la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce qu'il comporte un circuit (30) de fluide (F) de refroidissement alimentant sélectivement à la fois l'organe (11) de refroidissement sélectif du gaz destiné à être compressé et l'organe (12) de refroidissement sélectif du gaz compressé.

9. Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que le circuit de fluide (F) de refroidissement alimente en fluide de refroidissement l'organe (11) de refroidissement du gaz destiné à être compressé avec du fluide ayant déjà alimenté l'organe (12) de refroidissement sélectif du gaz compressé.

5 10. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce qu'il comporte au moins un récipient tampon (2) sélectivement relié au compresseur (6) et au réservoir (10) pour d'une part être alimenté en gaz comprimé et, d'autre part, pour alimenter en gaz comprimé le réservoir (10), le circuit (20, 21, 22) comportant des éléments
10 (32, 33) de contrôle pour délivrer sélectivement au réservoir (10) du gaz comprimé provenant directement du compresseur (6) et/ou provenant du au moins un récipient tampon (2).

15 11. Procédé de remplissage d'un gaz sous pression dans un réservoir (10), notamment de l'hydrogène dans le réservoir d'un véhicule (111), comprenant une étape de compression d'un gaz provenant d'une première source (1) de gaz pour remplir le réservoir (10) directement ou via au moins un récipient tampon (2), caractérisé en ce qu'il comporte une étape de refroidissement du gaz avant compression.

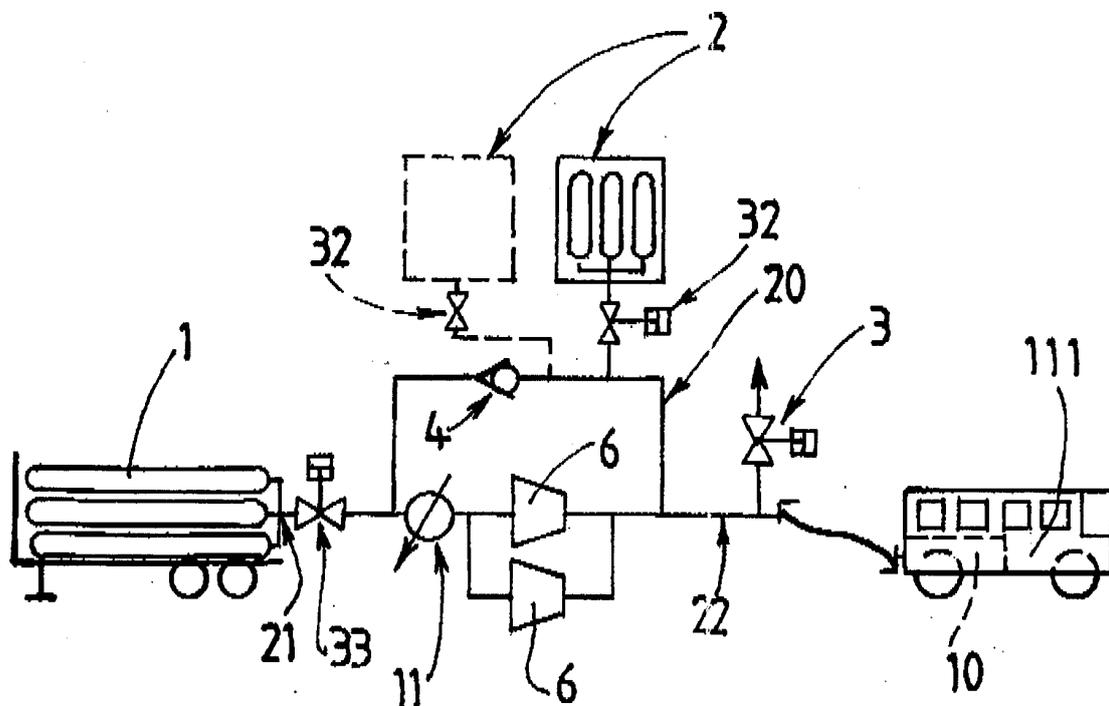
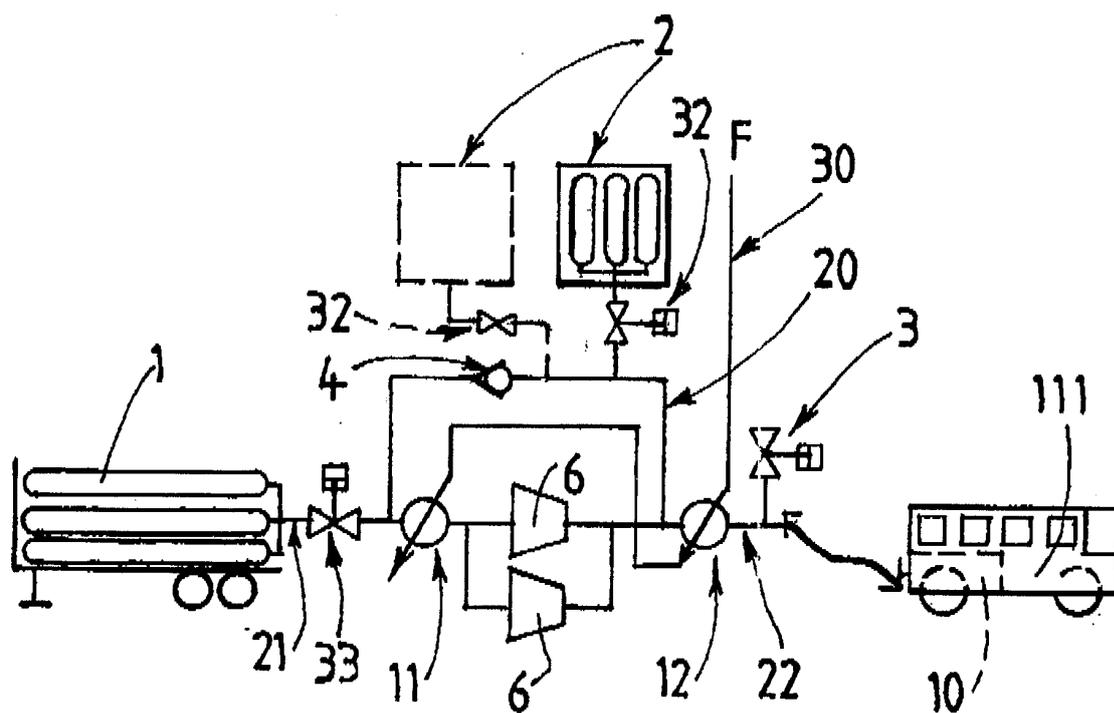
20 12. Procédé selon la revendication 11, caractérisé en ce que le gaz à comprimer est refroidi à une température comprise entre 10°C et -120°C et de préférence entre 0°C et -100°C et, encore plus préférentiellement, entre -50°C et -90°C.

25 13. Procédé selon la revendication 11 ou 12, caractérisé en ce que l'étape de refroidissement du gaz avant compression est réalisée via au moins un échangeur de chaleur (11) assurant un échange de chaleur direct et/ou indirect entre le gaz à comprimer et une source froide.

14. Procédé selon la revendication 13, caractérisé en ce que la source froide comprend de l'azote liquide.

30 15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 11 à 14, caractérisé en ce que l'étape de refroidissement du gaz avant compression est réalisée par échange thermique direct et/ou indirect entre le gaz à comprimer et un fluide (F) de refroidissement ayant déjà échangé thermiquement (12) avec le gaz comprimé.

1/1

**FIG. 1****FIG. 2**



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 739197
FR 1053658

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X A	DE 199 33 791 A1 (LINDE GAS AG [DE]) 1 février 2001 (2001-02-01) * colonne 2; figure 1 *	1-7, 10-14 8,9,15	F17C5/00 F17C13/00 B60K15/00 B60S5/02
X	EP 1 803 495 A1 (LINDE AG [DE]) 4 juillet 2007 (2007-07-04) * alinéas [0018] - [0021]; figure 1 *	1-3	
X	WO 2005/045337 A1 (FLUOR CORP [US]; MAK JOHN [US]; NIELSEN RICHARD B [US]; GRAHAM CURT [U] 19 mai 2005 (2005-05-19) * page 9 - page 10; figures 2-4 *	1-3	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			F17C
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		19 octobre 2010	Nicol, Boris
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1053658 FA 739197**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 19-10-2010

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 19933791	A1	01-02-2001	AT 266837 T	15-05-2004
			AU 6565300 A	05-02-2001
			CA 2379751 A1	25-01-2001
			WO 0106172 A1	25-01-2001
			EP 1200769 A1	02-05-2002
			ES 2220509 T3	16-12-2004
			PT 1200769 E	30-09-2004
			US 6899115 B1	31-05-2005

EP 1803495	A1	04-07-2007	AT 422170 T	15-02-2009
			DE 102006000626 A1	05-07-2007
			ES 2321130 T3	02-06-2009

WO 2005045337	A1	19-05-2005	AU 2004288122 A1	19-05-2005
			CA 2544428 A1	19-05-2005
			EP 1690052 A1	16-08-2006
			JP 4496224 B2	07-07-2010
			JP 2007510880 T	26-04-2007
